

**Base vectorial para la construcción del modelo 3D y la
Tecnología de Escáner Láser Terrestre. PATRAC.**
(Patrimonio accesible: I+D+i para una cultura sin barreras)¹

Juan Manuel Corso Sarmiento
Arquitecto

¹ Proyecto singular y estratégico del Ministerio de Educación y Ciencia, bajo el número de expediente PSE-380000-2007 finalizando su segunda anualidad con el número de expediente PSE-39-80000-2008.

CONSTRUCCIÓN DEL MODELO PARA EL DEMOSTRADOR DE PATRAC

La aplicación interactiva 3D de realidad virtual y realidad aumentada, necesita un modelo 3D completo del museo para que el usuario pueda interactuar y navegar a través de dicho modelo.

La elaboración de un modelo 3d válido para una aplicación en tiempo real no es una tarea sencilla. Es necesario que el modelo cumpla con una serie de requisitos para su correcta visualización y manipulación en la aplicación.

El primero requisito se refiere a la precisión del modelo, ya que este se combinará con la realidad (por medio de la realidad aumentada), haciendo coincidir la información virtual con la que se visualiza en los trayectos predeterminados, sin dejar margen al error métrico dada la superposición de la información real y la virtual.

El segundo requisito parte de las limitaciones del sistema en que se ejecutará la aplicación, refiriéndose al procesamiento y la interacción con otras aplicaciones, teniendo también en cuenta el tamaño y gestión de los archivos complementarios (por ejemplo, las texturas) pudiendo permitir incluso ejecutar el demostrador desde un móvil, dada su portabilidad y los alcances tecnológicos que existen en la actualidad.

Modelo preciso

El museo marítimo es un edificio que presenta un gran tamaño y complejidad, el uso del escáner láser terrestre (TLS) se presenta como la única herramienta para realizar un levantamiento preciso en tiempos razonables para la generación de planos, alzados y secciones para la construcción de un modelo teórico.

Actualmente, el escáner láser terrestre se utiliza para la creación de modelos 3D de objetos históricos; reproduciendo la realidad directamente como puntos espaciales con alta densidad, en tiempo real y en un entorno digital, suministrando información métrica y radiométrica.

El TLS combinado con otras técnicas de documentación digital y tradicional, brinda una solución útil para la documentación de las características espaciales y geométricas de una edificación. Esta información además de ser un registro de mucha precisión, puede ser utilizado como archivo histórico y proporcionar una amplia base de datos (arqueológicos y arquitectónicos), que permite la supervisión de sectores donde es necesario realizar trabajos de restauración, y además, facilita el acceso de una manera virtual, a una audiencia más amplia a través de medios digitales.

Modelo 3D de puntos: escáner laser terrestre

El Museo Marítimo de Barcelona con un área total de 34.295m² se documentó con un escáner láser terrestre RIEGL z420i² y un cámara réflex digital Nikon D100 de forma intensiva, donde se realizaron 507 posiciones en 20 días, obteniendo una modelo final de 782.542.182 puntos (XYZ+i+RGB³). Uno de los mayores problemas fue el de

² BOEHLER, Wolfgang: Investigating Laser Scanner Accuracy, i3mainz, Institute for Spatial Information and Surveying Technology, FH Mainz, University of Applied Sciences, Mainz, Germany, 2003.

³ Coordenadas espaciales, intensidad del material con respecto al láser, color de forma rojo, verde y azul.

minimizar las ocultaciones de un edificio de características complejas y elementos museísticos que obstruían el alcance del escáner.

Para este modelo de puntos se precisó una metodología⁴ que comprendiera dos modelos, uno de baja resolución de puntos con un ángulo de 0.2° , en panoramas de $360^\circ \times 80^\circ$, que permitieron el control de la unión entre posiciones distantes, cerrando la nube de puntos de las fachadas exteriores del museo con las naves del interior, en un modelo manipulable completo, con errores fácilmente identificables en la alineación entre posiciones. Complementario a este modelo de nubes de puntos, se generó otro de mayor densidad de puntos, con posiciones con un ángulo de escaneo de 0.08° , en panoramas sectorizados, usualmente de $90^\circ \times 80^\circ$ o menores, alineados a la nube de baja resolución, con el objetivo de restringir en esta segunda toma de datos el traslape de la información entre posiciones.

Esta sectorización del proceso de escaneo permitió a su vez corregir el error generado por la diferencia de posición entre el sensor de la cámara y del escáner, evitando los elementos cercanos, ya que estos tienden a proyectarse a elementos lejanos por esta diferencia y por que la cámara toma los datos con un mayor punto de fuga que el escáner. Con ello se enfatizó la toma de datos de los elementos del edificio, como muros, arcos y techo, reduciendo al mínimo la afectación de los visitantes del museo como elementos ajenos al edificio, facilitando a su vez la eliminación de la información no deseada en las nubes de puntos.

Figura 1. Homogeneidad de color en el modelo de nube de puntos



Fuente: Propia

Con esta metodología de escaneo se reduce el ruido en el color de los puntos como se muestra en la Figura 1, al evitar cruzar información lejana con la cercana, debido a la profundidad de campo, factores ambientales y sobre todo los cambios bruscos de iluminación entre posiciones del interior del edificio, debido a las diferentes fuentes de luz existentes. Paralelamente a ello en casos específicos se utilizó la técnica de

⁴ ROCA, Josep y MARAMBIO, Alejandro: Modelos Digitales De Nubes De Puntos De La Habana Vieja, Cuba, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, 2006.

renderizado de alto rango dinámico HDR (High Dynamic Range Rendering), que busca imitar el funcionamiento de la pupila del ojo, al conseguir iluminar correctamente todas las zonas de una fotografía aunque estas contengan diferentes luminosidades, al fusionar fotografías con diferentes informaciones de luminosidad.

A partir de este modelo se generaron a través de un visualizador Pointools Pro 1.7; plantas, secciones y alzados, como orto imágenes de alta resolución a escala como base para la creación del modelo 3D poligonal (Figura 2). Estas imágenes a escala 1/100 con una resolución de 100 píxeles por centímetro permiten la extracción vectorial de información.

En ellas desde el punto de vista de la representación, se tiene en cuenta la profundidad de los diferentes planos de los elementos seccionados, identificando a los más cercanos con un color más fuerte y las proyecciones lejanas con ciertos grados de transparencia, llegando al punto de enmarcar los elementos cortados de la nube de puntos en color negro, todo ello mediante la fusión de diferentes imágenes tomadas de la nube de puntos, con sus respectivas secciones en tres dimensiones, conservando la posición inicial de la cámara sobre la que se proyecta esta información.

Figura 2. Orto imagen de la nube de puntos a escala



Fuente: Propia

Dada la complejidad del edificio, se realizaron un total de 122 secciones verticales al modelo de nube de puntos, con 97 secciones interiores y 25 fachadas, al igual que una planta independiente por espacio, techo y del conjunto del edificio, registrando la información planimétrica que permite una clara comprensión de los espacios, identificando los cambios que se producen en cada uno de los muros, arcos y componentes del edificio.

Este proceso permitió identificar tanto los elementos que no eran registrables por su altura, como las irregularidades, la relación entre espacios internos y con el exterior, en un modelo complejo pero manejable, en el que hay vacíos de información de zonas inaccesibles de interés arqueológico, por explorar en futuras intervenciones, en un edificio de interés patrimonial, arquitectónico e histórico.

Como elemento de unión y rectificación de las secciones tanto de imágenes detalladas, como las vectoriales interpretadas, se utilizó un modelo de malla decimado⁵ por cada uno de los espacios, permitiendo la correcta relación de las secciones internas, previamente ubicadas al interceptar las secciones longitudinales con las transversales, alineándolas con el exterior y la planta, siendo un elemento de control para la construcción de la malla con un nivel de precisión óptimo para tal objetivo.

⁵ **CIGNONI, Paolo:** A comparison of Mesh Simplification Algorithms, Computer and Graphics, 22(1), 1998.

Bases de datos y su correcta vectorización

La precisión del modelo parte de la información base de la que se dispone, por una parte la extraída de los datos del escáner laser y por otra la documentación complementaria como imágenes aéreas, fotografías, planos vectoriales, entre otros, figura 3, que cubre las zonas que no se logro escanear, para ello fue imprescindible la georreferenciación de estos datos, que al mismo tiempo permitieron otro punto de verificación del modelo.

Figura 3. Cruce de bases preliminares. Rojo Cartografía del Catastro, Azul Instituto de Cartografía de Catalunya y puntos de una base topográfica del Museo Marítimo de Barcelona.

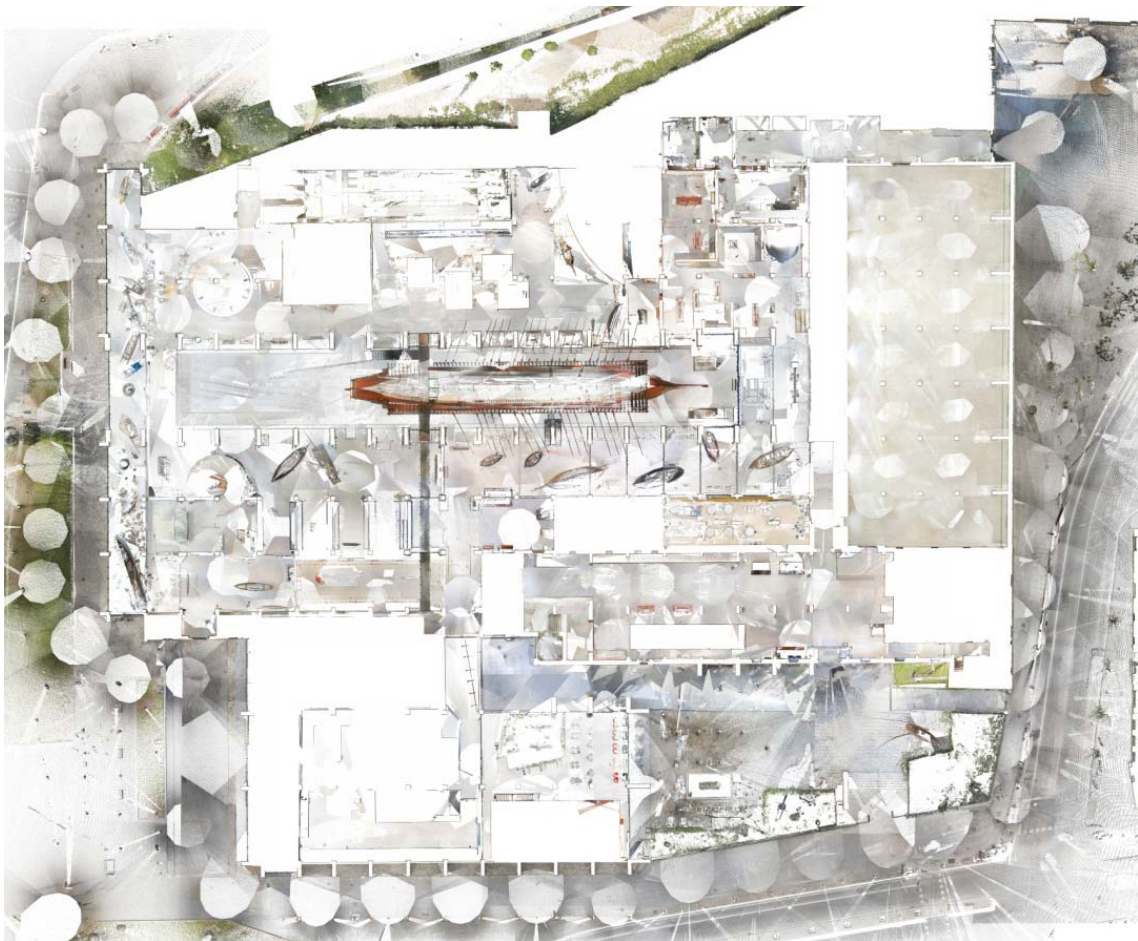


Fuente: Propia

Tomando para ello las bases cartográficas del catastro y del Instituto Cartográfico de Catalunya de su base 1:25000, con una diferencia significativa entre vectores, requiriendo de una comprobación con una base topográfica de puntos, acercando al modelo a una posición más fiable. Esta información tomó como referencia el sistema UTM 31N, ED 1950 correspondiente a Catalunya.

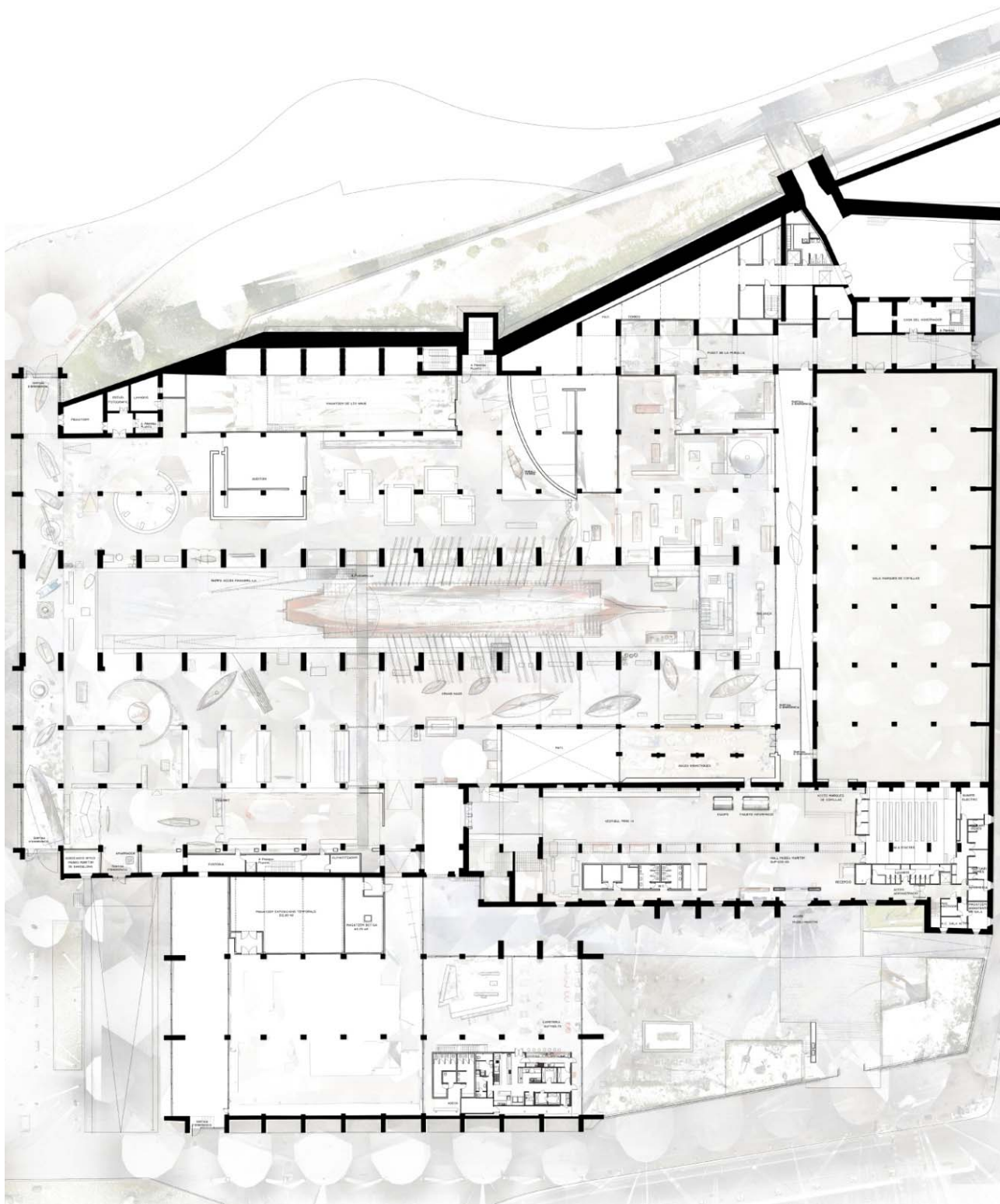
Al tener el modelo en su posición correcta, se procedió a extraer la información de la nube de puntos, planteando para ello tres metodologías complementarias entre sí, comenzando con la generación de imágenes ortogonales perpendiculares a las fachadas, secciones y plantas que conforman cada espacio escaneado, posteriormente su vectorización y como último proceso de extracción de esta información se malló la nube de puntos y se decimó, al punto de que fuera manipulable en aplicaciones de diseño asistido por ordenador CAD (figura 4, 5, 6 y 7).

Figura 4. Planta del museo Marítimo de Barcelona como una imagen ortogonal de la nube de puntos.



Fuente: Propia

Figura 5. Planta baja (vectorial e imagen TLS) corregida en base a la planta generada a partir de la nube de puntos.



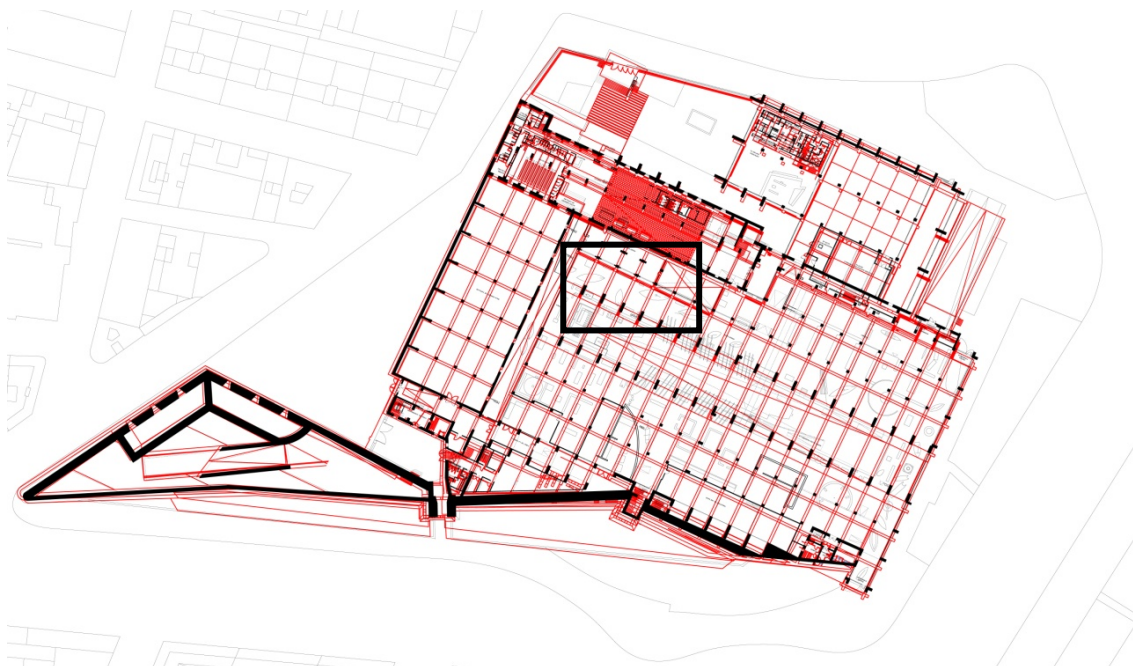
Fuente: Propia

Figura 6. Planta primera (vectorial e imagen TLS), corregida en base a la planta generada a partir de la nube de puntos.



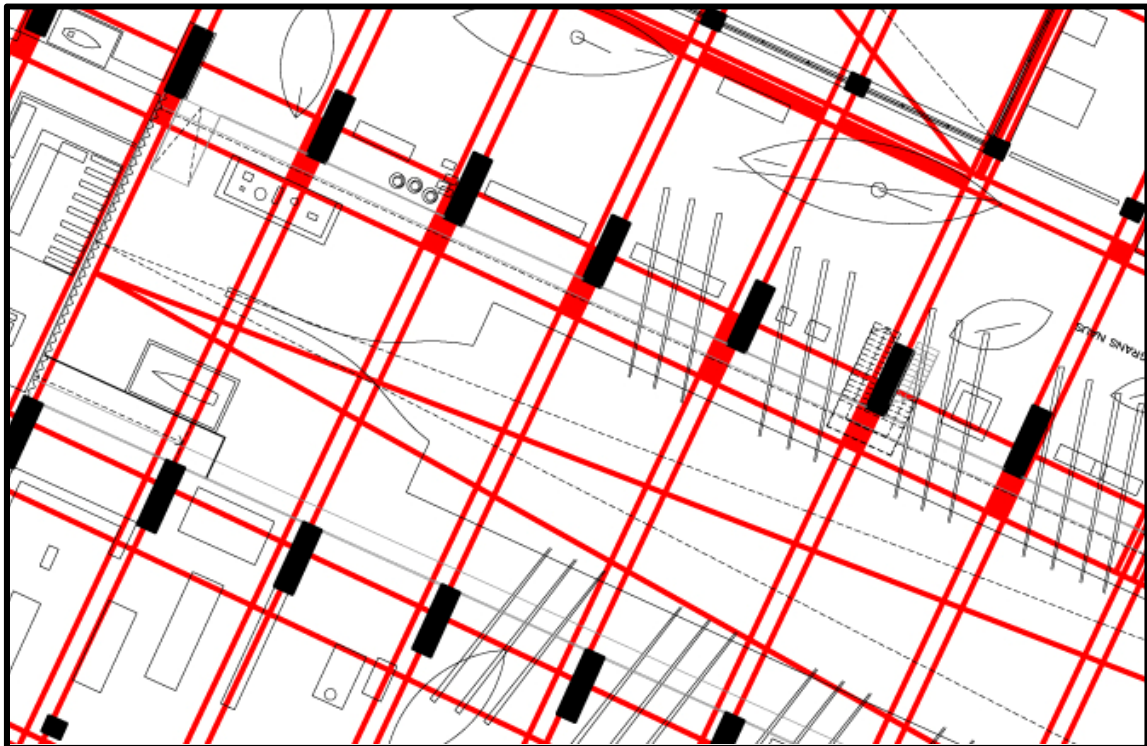
Fuente: Propia

Figura 7a. Diferencias entre los planos actuales del Museo marítimo de Barcelona (en rojo), comparada con la planta generada a partir de la planta basada en la tecnología de escáner láser terrestre (en negro).



Fuente: Propia

Figura 7b. Diferencias entre los planos detalle



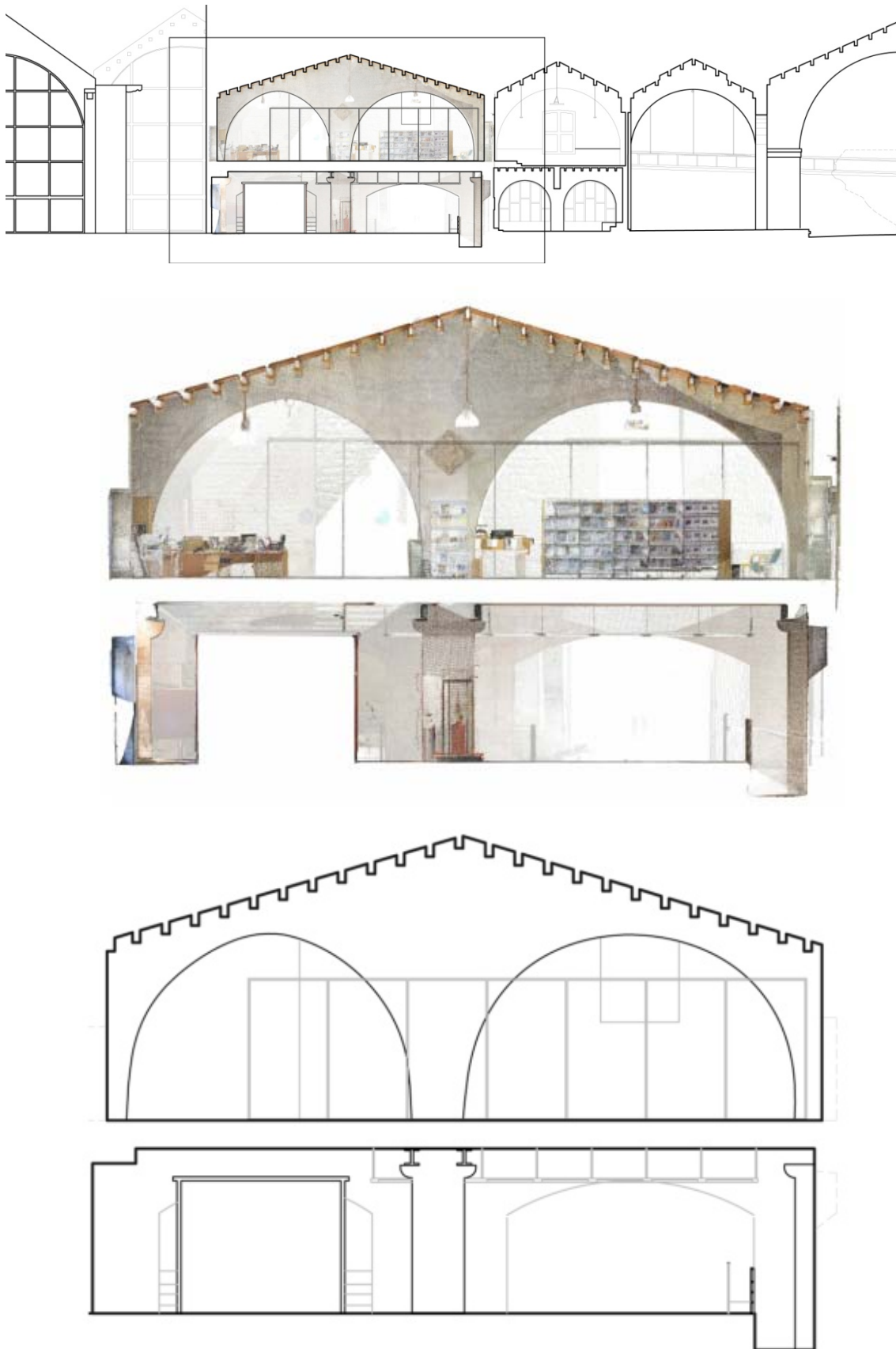
Fuente: Propia

En cada proceso de extracción se controló el grado de precisión que se requería y la función que desempeñarían para el modelado, se logró reducir la interpretación, manejando escalas predeterminadas de detalle, permitiendo diversos puntos de verificación entre estas bases en las etapas de construcción del modelo.

En esta etapa de modelado geométrico se tuvo en cuenta la organización de las texturas e iluminación, en cuanto a la reorganización y limpieza del modelo final en la aplicación interactiva.

Posterior a ello se realizó la vectorización de dichas imágenes de forma manual, comenzando por la planta, de la cual se tenía previamente los primeros dos niveles, con errores métricos que no correspondían con el modelo de nube de puntos, al ser planos arquitectónicos conceptuales, en donde todos los muros, arcos y columnas se construyeron digitalmente de forma ortogonal y paralela. A diferencia de estos planos la realidad tiende a ser irregular, debido a los procesos constructivos y a las continuas modificaciones que ha sufrido este edificio a lo largo del tiempo, sumando a ello la desactualización de los planos vectoriales generales del edificio, en cuanto a reformas nuevas y en cuanto a los elementos museísticos.

Figura 8. Construcción de planos a partir de imágenes de la nube de puntos.

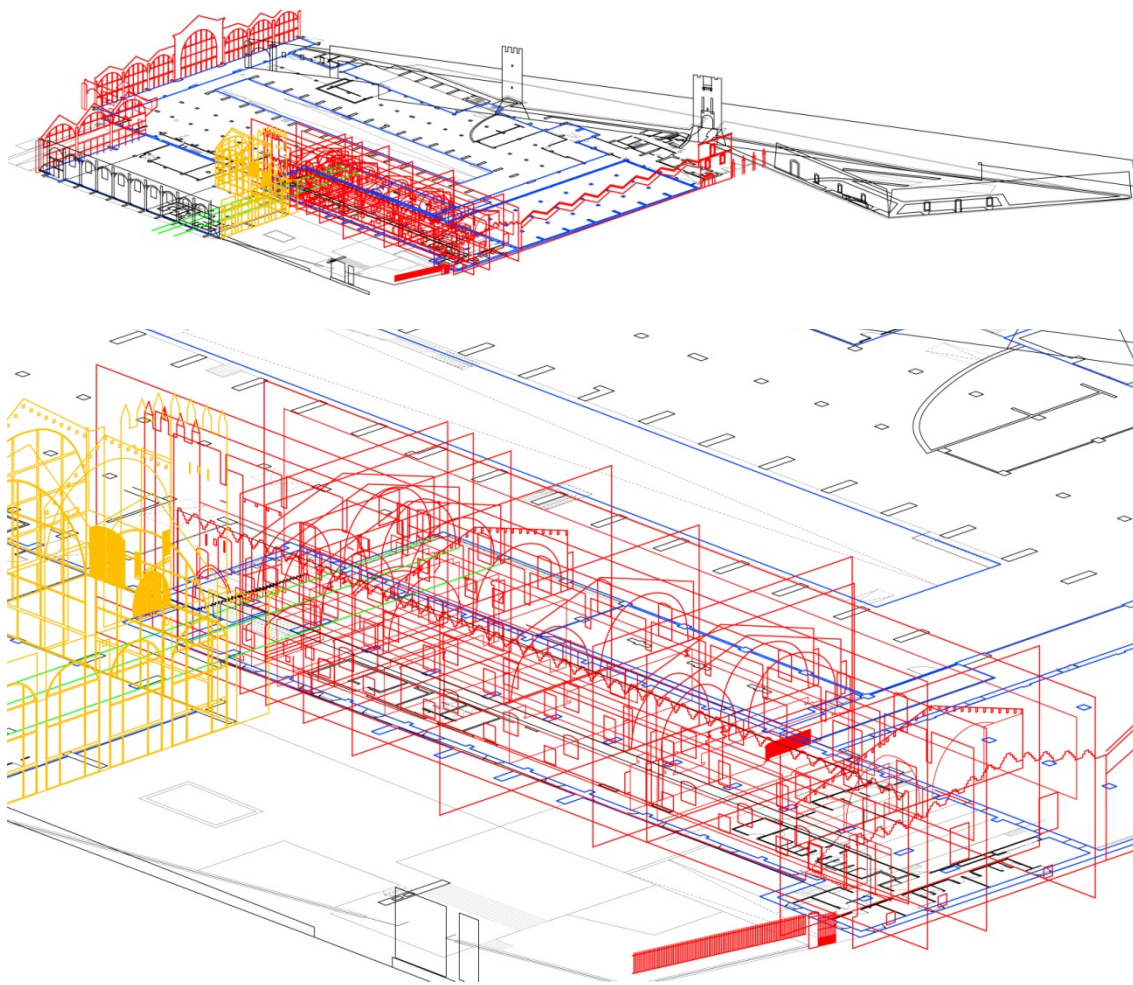


Fuente: Propia

Complementario a ello se realizaron secciones vectoriales básicas, con estrictamente lo necesario para el levantamiento del modelo 3d, como son los arcos, puertas, ventanas, columnas, vigas y techos, de las diferentes secciones anteriormente explicadas como en la Figura 3 de la zona del vestíbulo y oficinas. Realizando 42 secciones del acceso - zonas administrativas, 11 de la cafetería - Nave de la Generalitat, 13 de la sala Comillas, 31 de la Nave Medieval y las 25 fachadas (figura 8).

Estas secciones y plantas se generaron como entidades cerradas (figura 9), en cuanto a la unión de los vértices, permitiendo convertirlas posteriormente en planos, ser extruidas o unidas como mallas, en la etapa posterior de modelado.

Figura 9. Combinación de las secciones y plantas como base de modelado

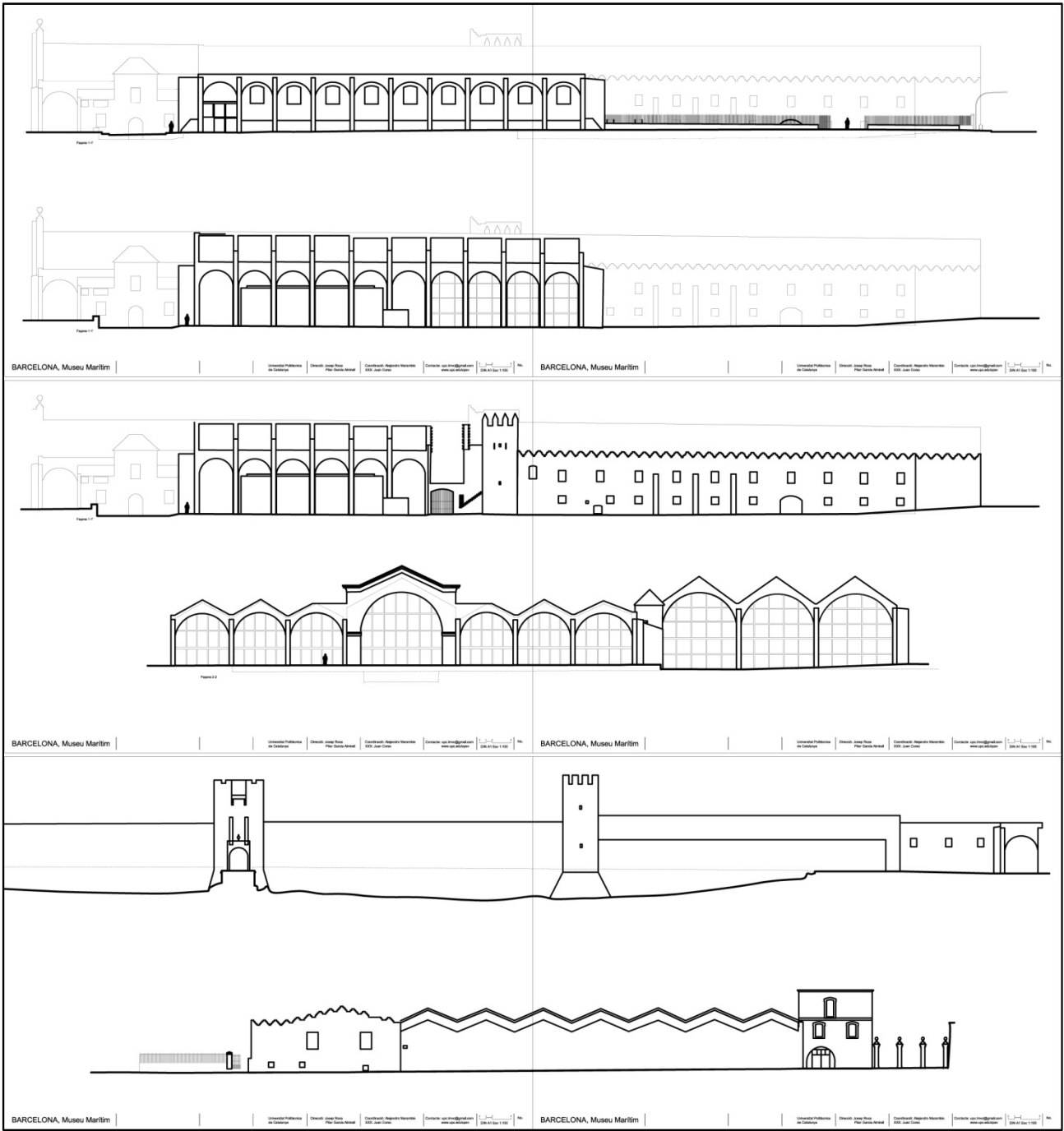


Fuente: Propia

Las fachadas y secciones como entidades cerradas se utilizaron para generar los planos del museo Marítimo, en un proyecto que está en proceso, a continuación se muestran algunos ejemplos de cómo se cruza la información entre los programas arquitectónicos (figura 10 y 11), dado que la información del levantamiento con láser

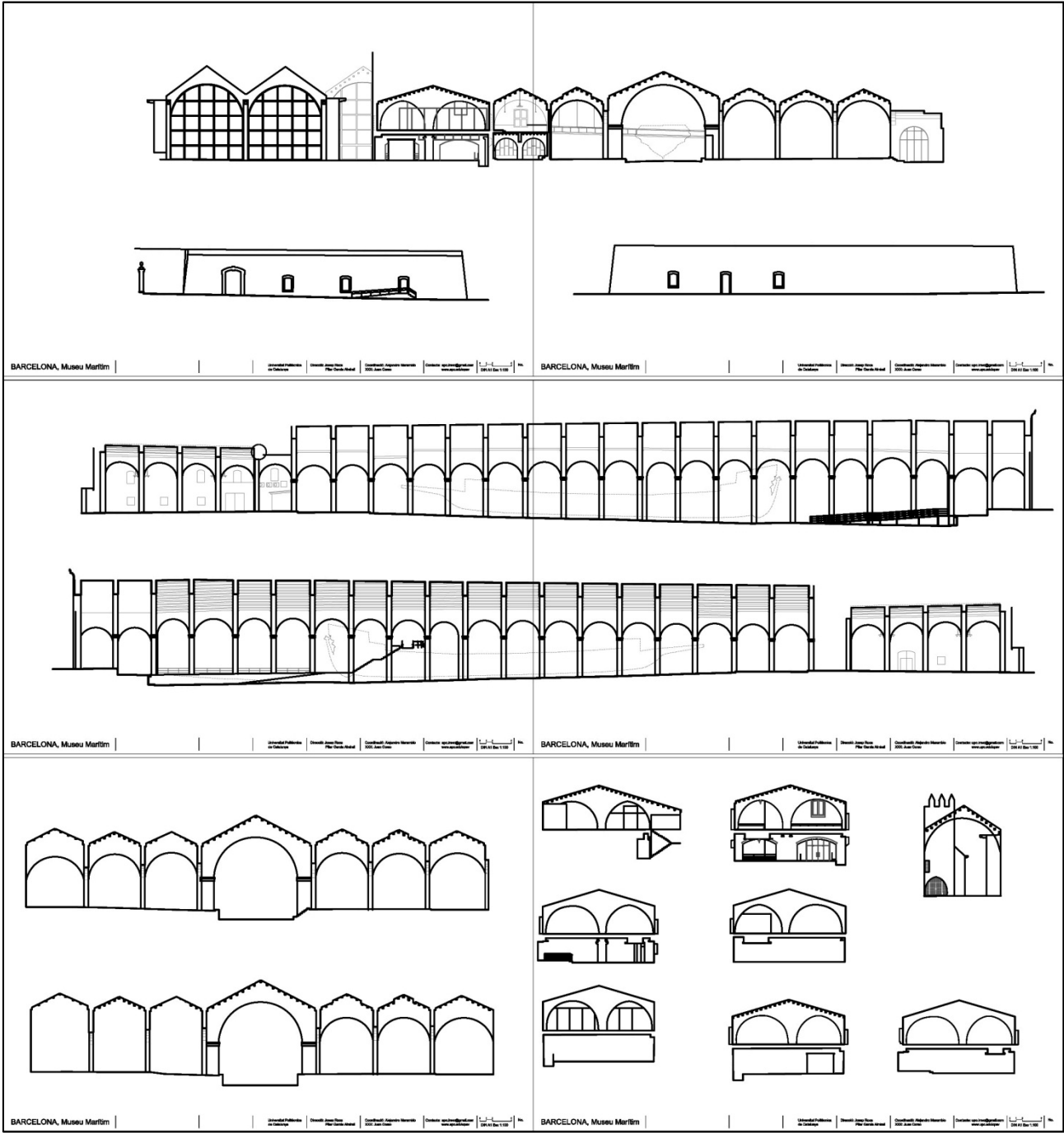
escáner se dividió por espacios y tanto las secciones trasversales como longitudinales deben relacionar estos espacios.

Figura 10. Ejemplo de fachadas preliminares.



Fuente: Propia

Figura 11. Ejemplo de secciones preliminares



Fuente: Propia